

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-284576

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/24

H 0 4 B 9/00

G

H 0 4 J 14/00

E

14/02

K

H 0 4 B 10/08

H 0 4 L 11/00

3 3 1

H 0 4 L 12/437

審査請求 有 請求項の数19 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平10-101913

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月31日

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年3月6日 社団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集」に発表

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 上原 大輔

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

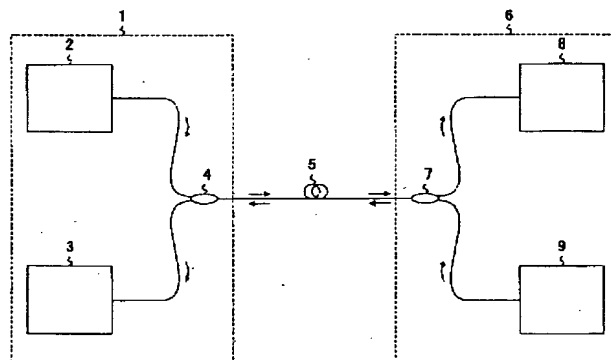
(74) 代理人 弁理士 堀 城之

(54) 【発明の名称】 双方向WDM光伝送システム及び光ADMリングシステム並びに双方向WDM光伝送方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、長距離伝送を行った場合でも四光波混合による受信感度劣化を回避を回避することを可能とする双方向WDM光伝送システム及び光ADMリングシステム並びに双方向WDM光伝送方法。

【解決手段】 第1の実施の形態に係る光伝送システムは、WDM光送受信器1と、同WDM光送受信器6とを備えている。WDM光送受信器1とWDM光送受信器6とは光伝送路5により1対1で接続され、この1本の光伝送路5で双方向WDM光伝送を行う。



- 1 : WDM光送受信器
- 2 : WDM光送信器
- 3 : WDM光受信器
- 4 : WDMカプラ
- 5 : 光伝送路
- 6 : WDM光送受信器
- 7 : WDMカプラ
- 8 : 1550nm 帯のWDM光受信器
- 9 : 1580nm 帯用のWDM光送信器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 WDM光送受信器同士を光伝送路により接続してなる双方向WDM光伝送システムであって、一方の前記WDM光送受信器は、A帯の光受信器と、該A帯と異なる帯域のB帯の光送信器とを有し、他方の前記WDM光送受信器は、前記B帯の光受信器と、前記A帯の光送信器とを有することを特徴とする双方向WDM光伝送システム。

【請求項 2】 前記光伝送路は、前記A帯及び前記B帯の波長とは異なる、零分散波長がC波長の光伝送路であることを特徴とする請求項 1 記載の双方向WDM光伝送システム。

【請求項 3】 前記WDM光送受信器には、前記光受信器及び前記光送信器を前記光伝送路に接続する、前記A帯と前記B帯との波長分割多重を行うWDMカプラを設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の双方向WDM光伝送システム。

【請求項 4】 前記WDM光送受信器には、前記光受信器及び前記光送信器を前記光伝送路に接続する、前記A帯と前記B帯との波長分割多重を行う3dBカプラを設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の双方向WDM光伝送システム。

【請求項 5】 前記C帯の波長で増幅する光直接増幅器を有する双方向線形中継器を前記光伝送路に設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の双方向WDM光伝送システム。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の双方向WDM光伝送システムを用いたpoint-to-pointシステムであって、前記NZ-DSFに、A帯増幅用の光直接増幅器と、該A帯と異なる帯域のB帯増幅用の光直接増幅器と、前記A帯と前記B帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラとを有する双方向線形中継器が設けられていることを特徴とした、双方向WDM光伝送システムを用いたpoint-to-pointシステム。

【請求項 7】 前記光受信機及び／又は光送信機には光直接増設部が設けられたことを特徴とした請求項 6 に記載のpoint-to-pointシステム。

【請求項 8】 光ADMリングシステムにおけるノードであって、入出力端に自己回線復帰用の光スイッチが配備され、これら光スイッチの間に光ADM部が配備され、該光ADM部は、前記A帯のWDM光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記A帯と異なる帯域のB帯のWDM光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラと、該WDMカプラと前記各光分離挿入部とを接続する、零分散波長がC波長の光伝送路とを備えたことを特徴とし

たノード。

【請求項 9】 前記光ADM部は、光ADM部は運用系用の光ADM部と予備系用の光ADM部で構成され、運用系用の光ADM部と予備系用の光ADM部は、前記A帯のWDM光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記B帯のWDM光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラとをそれぞれ備えたことを特徴とする請求項 8 記載のノード。

10 【請求項 10】 請求項 8 又は 9 に記載のノードがリング状に接続されたことを特徴とする光ADMリングシステム。

【請求項 11】 光クロスコネクトシステムであって、A帯と該A帯と異なる帯域のB帯との光クロスコネクト処理を行う正光クロスコネクトノードと、該光クロスコネクトノードと逆方向の伝送を行う逆光クロスコネクトノードと、正光クロスコネクトノード同士、逆光クロスコネクトノード同士、並びに正光クロスコネクトノードと逆光クロスコネクトノードとを接続する、零分散波長がC波長の光伝送路とを備え、

前記正光クロスコネクトノードは、前記A帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記B帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラとを有し、前記逆光クロスコネクトノードは、前記A帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記B帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラとを有することを特徴とする光クロスコネクトシステム。

【請求項 12】 光伝送路により接続してなるWDM光送受信器同士の双方向WDM光伝送方法であって、一方の前記WDM光送受信器は、A帯で送信し、該A帯と異なる帯域のB帯で受信し、

他方のWDM光送受信器は、前記A帯で受信し前記B帯で送信することを特徴とする双方向WDM光伝送方法。

【請求項 13】 前記一方のWDM光送受信器と前記他方のWDM光送受信器との間では、前記A帯及び前記B帯の波長とは異なる、零分散波長のC帯で交信することを特徴とする請求項 12 に記載の双方向WDM光伝送方法。

【請求項 14】 前記A帯は1550nm帯で、前記B帯は1580nmで、前記C波長は1500nmであることを特徴とした請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の双方向WDM光伝送システム。

【請求項 15】 前記A帯は1550nm帯で、前記B帯は1580nmで、前記C波長は1500nmであることを請求項 6 又は 7 に記載の特徴としたpoint-

to-point システム。

【請求項 16】 前記 A 帯は 1550 nm 帯で、前記 B 帯は 1580 nm で、前記 C 波長は 1500 nm であることを特徴とした請求項 8 又は 9 に記載のノード。

【請求項 17】 前記 A 帯は 1550 nm 帯で、前記 B 帯は 1580 nm で、前記 C 波長は 1500 nm であることを特徴とした請求項 10 に記載の光 ADM リングシステム。

【請求項 18】 前記 A 帯は 1550 nm 帯で、前記 B 帯は 1580 nm で、前記 C 波長は 1500 nm であることを特徴とした請求項 11 に記載の光クロスコネク

トシステム。

【請求項 19】 前記 A 帯は 1550 nm 帯で、前記 B 帯は 1580 nm で、前記 C 波長は 1500 nm であることを特徴とした請求項 12 又は 13 に記載の双方向 WDM 光伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に NZ-DSF を適用して好適な双方向 WDM 光伝送システム及び光 ADM リングシステム並びに双方向 WDM 光伝送方法に属する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来、近年、ネットワークの伝送容量拡大化、信頼性の向上、低コスト化等の要求から WDM 技術を適用したリングシステムの研究が盛んに行われている。

【0003】しかしながら、波長分割多重(WDM)光伝送系において、1550 nm 帯の WDM 光信号で分散シフトファイバ(DSF; 零分散波長 1551 nm)による長距離伝送を行った場合、四光波混合(FWM; Four Wave Mixing)の影響による受信感度劣化を引き起こすという問題点があった。

【0004】本発明は斯かる問題点及び状況を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、長距離伝送を行った場合でも四光波混合による受信感度劣化を回避を回避することを可能とする双方向 WDM 光伝送システム及び光 ADM リングシステム並びに双方向 WDM 光伝送方法を提供する点にある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決すべく以下に掲げる構成とした。請求項 1 記載の発明の要旨は、WDM 光送受信器同士を光伝送路により接続してなる双方向 WDM 光伝送システムであって、一方の前記 WDM 光送受信器は、A 帯の光受信器と、該 A 帯と異なる帯域の B 帯の光送信器とを有することを特徴とする双方向 WDM 光伝送システムに存する。請求項 2 記載の発明の要旨は、前記光伝送路は、前記 A 帯及び前記 B 帯の波長とは異なる、零分散波長が C 波長の光伝送路であることを特徴とする双方向 WDM 光伝送システムに存す

る。請求項 3 記載の発明の要旨は、前記 WDM 光送受信器には、前記光受信器及び前記光送信器を前記光伝送路に接続する、前記 A 帯と前記 B 帯との波長分割多重を行う WDM カプラを設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の双方向 WDM 光伝送システムに存する。請求項 4 記載の発明の要旨は、前記 WDM 光送受信器には、前記光受信器及び前記光送信器を前記光伝送路に接続する、前記 A 帯と前記 B 帯との波長分割多重を行う 3 dB カプラを設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の双方向 WDM 光伝送システムに存する。請求項 5 記載の発明の要旨は、前記 C 帯の波長で増幅する光直接増幅器を有する双方向線形中継器を前記光伝送路に設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の双方向 WDM 光伝送システムに存する。請求項 6 記載の発明の要旨は、請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の双方向 WDM 光伝送システムを用いた point-to-point システムであって、前記 NZ-DSF に、A 帯増幅用の光直接増幅器と、該 A 帯と異なる帯域の B 帯増幅用の光直接増幅器と、前記 A 帯と前記 B 帯の WDM 光信号の波長分割多重を行う WDM カプラとを有する双方向線形中継器が設けられていることを特徴とした、双方向 WDM 光伝送システムを用いた point-to-point システムに存する。請求項 7 記載の発明の要旨は、前記光受信機及び／又は光送信機には光直接増設部が設けられたことを特徴とした請求項 6 に記載の point-to-point システムに存する。請求項 8 記載の発明の要旨は、光 ADM リングシステムにおけるノードであって、入出力端に自己回線復帰用の光スイッチが配備され、これら光スイッチの間に光 ADM 部が配備され、該光 ADM 部は、前記 A 帯の WDM 光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記 A 帯と異なる帯域の B 帯の WDM 光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記 A 帯と前記 B 帯との WDM 光信号の波長分割多重を行う WDM カプラと、該 WDM カプラと前記各光分離挿入部とを接続する、零分散波長が C 波長の光伝送路とを備えたことを特徴としたノードに存する。請求項 9 記載の発明の要旨は、前記光 ADM 部は、光 ADM 部は運用系用の光 ADM 部と予備系用の光 ADM 部で構成され、運用系用の光 ADM 部と予備系用の光 ADM 部は、前記 A 帯の WDM 光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記 B 帯の WDM 光信号の分離／挿入を行う光分離挿入部と、前記 A 帯と前記 B 帯との WDM 光信号の波長分割多重を行う WDM カプラとをそれぞれ備えたことを特徴とする請求項 8 記載のノードに存する。請求項 10 記載の発明の要旨は、請求項 8 又は 8 に記載のノードがリング状に接続されたことを特徴とする光 ADM リングシステムに存する。請求項 11 記載の発明の要旨は、光クロスコネクシステムであって、A 帯と該 A 帯と異なる帯域の B 帯との光クロスコネク処理を行う正光クロスコネクノードと、該光クロスコネクノードと逆方

向の伝送を行う逆光クロスコネクトノードと、正光クロスコネクトノード同士、逆光クロスコネクトノード同士、並びに正光クロスコネクトノードと逆光クロスコネクトノードとを接続する、零分散波長がC波長の光伝送路とを備え、前記正光クロスコネクトノードは、前記A帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記B帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカブラとを有し、前記逆光クロスコネクトノードは、前記A帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記B帯の各波長のクロスコネクト処理を行う光クロスコネクト部と、前記A帯と前記B帯とのWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカブラとを有することを特徴とする光クロスコネクトシステムに存する。請求項12記載の発明の要旨は、光伝送路により接続してなるWDM光送受信器同士の双方向WDM光伝送方法であって、一方の前記WDM光送受信器は、A帯で送信し、該A帯と異なる帯域のB帯で受信することを特徴とする双方向WDM光伝送方法に存する。請求項13記載の発明の要旨は、前記一方のWDM光送受信器と前記他方のWDM光送受信器との間では、前記A帯及び前記B帯の波長とは異なる、零分散波長のC帯で交信することを特徴とする請求項12に記載の双方向WDM光伝送方法に存する。

【0006】なお、上記各発明において前記A帯は1550nm帯で、前記B帯は1580nm帯で、前記C波長は1500nmにする等、本発明を実施する上で好適な帯域、周波数にすることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

(第1の実施の形態) 図1に示すように、第1の実施の形態に係る光伝送系システムは、WDM光送受信器1と、同WDM光送受信器6とを備えている。WDM光送受信器1とWDM光送受信器6とは光伝送路5により1対1で接続され、この1本の光伝送路5で双方向WDM光伝送を行う。

【0008】WDM光送受信器1は1550nm帯用のWDM光送信器2と1580nm帯のWDM光受信器3と1550nm帯と1580nm帯の波長分割多重を行うWDMカブラ4で構成される。

【0009】WDM光送受信器6は1580nm帯用のWDM光送信器9と1550nm帯のWDM光受信器8と1550nm帯と1580nm帯の波長分割多重を行うWDMカブラ7で構成される。WDM光送受信器1とWDM光送受信器6は光伝送路5により1対1で接続され、この1本の光伝送路5で双方向WDM光伝送を行う。

【0010】光伝送路5には、零分散波長が1550nm帯および1580nm帯とならないように作成された

零分散波長が1500nmのNonzero-dispersion shifted fiber (NZ-DSF)を適用し、WDM光信号を長距離伝送することで生じる四光波混合の影響を回避することが可能となる。

【0011】WDM光送受信器6は、WDM光送受信器1と同様に、1550nm帯用のWDM光送信器8と1580nm帯のWDM光受信器9と1550nm帯と1580nm帯の波長分割多重を行うWDMカブラ7で構成される。

【0012】(第2の実施の形態) 次に、第2の実施の形態を図2を用いて説明する。第2の実施の形態は、WDM光伝送系のpoint-to-pointシステムに係る。

【0013】本システムは、図1と同様にWDM光送受信器10、14間で双方向WDM光伝送を行う。図2において、WDM光送受信器10は1550nm帯用のWDM光送信器15と1580nm帯のWDM光受信器16と1550nm帯と1580nm帯の波長分割多重を行うWDMカブラ17で構成される。WDM光送受信器14は1580nm帯用のWDM光送信器24と1550nm帯のWDM光受信器23と1550nm帯と1580nm帯の波長分割多重を行うWDMカブラ22で構成される。

【0014】WDM光送信器15、24は1550nm帯または1580nm帯の光信号を送出する光送信部25-1~25-n、40-1~40-nと、光送信部25-1~25-n、40-1~40-nからの光信号の光波長多重を行う光多重部26、39と、多重化された光信号の増幅を行う光直接増幅部27、38と、長距離伝送時に生じる分散量補償用の分散補償ファイバ(DCF)28、37とで構成される。

【0015】WDM光受信器16、23は、長距離伝送時に生じる分散量補償用の分散補償ファイバ(DCF)32、33と、WDM光信号の増幅を行う光直接増幅部31、34と、WDM光信号の光波長分離を行う光分離部30、35と、光分離部30、35からの各光信号の受信を行う光受信部29-1~29-n、36-1~36-nとで構成される。

【0016】双方向のWDM光信号を増幅するために、1550nm帯増幅用の光直接増幅器19と1580nm帯増幅用の光直接増幅器20と1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカブラ18、21で構成される双方向線形中継器12を用いる。WDM光送信器15、38は、1550nm帯または1580nm帯の光信号を送出する光送信部25-1~25-n、39-1~39-nと、この光送信部25-1~25-n、39-1~39-nからの光信号の光波長多重を行う光多重部26、38と、多重化された光信号の増幅を行う光直接増幅部27、38と、長距

離伝送時に生じる分散量補償用の分散補償ファイバ(DCF)28,37とで構成される。WDM光受信器16,23は、長距離伝送時に生じる分散量補償用の分散補償ファイバ(DCF)32,33と、伝送路11または13のWDM光信号の増幅を行う光直接増幅部31,34と、WDM光信号の波長分離を行う光分離部30,35と、この光分離部30,35からの各光信号の受信を行う光受信部29-1~29-n,35-1~35-nとで構成される。なお、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラ17,18,21,22は、3dBカプラによって代用してもかまわない。次に第2の実施の形態の動作について説明する。図2において、WDM光送信器15から送出される1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)は、WDMカプラ17を経由し光伝送路11へ送出される。この光伝送路11を伝搬したWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)は、双方向線形中継器12に入力され、WDMカプラ18にて波長分割され1550nm帯増幅用の光直接増幅器19で増幅された後WDMカプラ21を経由して伝送路13へ送出される。この光伝送路13を伝搬したWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)は、WDMカプラ22に入力され波長分割された後、対向側のWDM光受信器23にて受信される。一方、WDM光送信器24から出力される1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)は、WDMカプラ22を経由し光伝送路13へ送出される。この光伝送路13を伝搬したWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)は、双方向線形中継器12に入力され、WDMカプラ21にて波長分割され1580nm帯増幅用の光直接増幅器20で増幅された後WDMカプラ18を経由して光伝送路11へ送出される。この光伝送路11を伝搬したWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)は、WDMカプラ17に入力され波長分割された後、対向側のWDM光受信器16にて受信される。

【0017】WDM光送受信器10,14および双方向線形中継器12に使用されるWDMカプラ17,18,21,22の動作を図3に示す。ポート42に入力された1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)と1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)は、波長分割多重部41により波長分割され、1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)はポート43に、1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)はポート44に出力される。

【0018】逆に、ポート43から入力された1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)と、ポート44から入力された1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)は、波長分割多重部41により波長多重され、1550nm帯と1580nm帯の両波長帯域のWDM光信号がポート42から出力される。

【0019】このようにして、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の双方向光伝送が実現されることとなる。また、光伝送路11,13には、零分散波長

を1500nmとしたNZ-DSFを使用するため1550nm帯および1580nm帯の両帯域において、WDM光信号の四光波混合による受信感度劣化を回避することが可能となる。

【0020】また、1550nm帯と1580nm帯の双方向光伝送を行うことで、伝送容量の拡大、光伝送路の敷設コストの低減が図れる。また、WDM線形中継器に使用する光直接増幅器は、入出力端にWDMカプラまたは3dBカプラを用いて1550nm帯用、1580nm帯用に分けることで広帯域なものを必要とせず、1550nm帯用、1580nm帯用のものをそれぞれ用いればよい。

【0021】(第3の実施の形態)第3の実施の形態を図4を用いて説明する。第3の実施の形態はWDM光伝送系の光ADM(Add/Drop Multiplexer)リングシステムに係り、セルフヒーリング(自己回線復帰)用の光スイッチ45,47をノードの入出力端に配備し、その間に光ADM部46を配備して構成される。光ADM部46は運用系用の光ADM部と予備系用の光ADM部で構成される。

【0022】運用系用の光ADM部は、1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)の分離/挿入(Add/Drop)を行う光分離挿入部49と、1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)の分離/挿入(Add/Drop)を行う光分離挿入部50と、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラ48,51とで構成される。

【0023】予備系用の光ADM部は、1550nm帯のWDM光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)の分離/挿入(Add/Drop)を行う光分離挿入部53と、1580nm帯のWDM光信号($\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$)の分離/挿入(Add/Drop)を行う光分離挿入部54と、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカプラ52,55とで構成される。

【0024】通常時は、運用系用光ADM部と運用系光伝送路を接続するよな状態に光スイッチ45,47を制御し、運用系光伝送路による伝送を行っている。光ADMノード間の光伝送路が断となった場合は、断になった光伝送路に繋がる光ADMノードの光スイッチを制御し、予備系の光伝送路に切替を行うことで伝送路の復旧を図る。

【0025】光分離挿入部49,50,53,54は、図5に示すように、1550nm帯のWDM光信号の増幅を行うWDM光直接増幅器57と、WDM光信号の波長分離を行う光分離部58と、この光分離部58からの各光信号のOE/EO変換を行うOE/EO部59-1~59-nと、このOE/EO部59-1~59-nからの光信号の分離挿入を行う光スイッチ60-1~60-nと、この光スイッチ60-1~60-nからの光信号のOE/EO変換を行うOE/EO部61-1~61-nとで構成される。

1-nと、このOE/EO部61-1~61-nからの各光信号の光波長多重を行う光多重部62と、多重化された光信号の増幅を行う光直接増幅部63とで構成される。

【0026】ポート56に入力されたWDM光信号は、WDM光直接増幅器57で光増幅した後光分離部58で光波長分離し、OE/EO変換部59-1~59-nにてOE/EO変換を行う。OE/EO変換部を経由した各波長の光信号は光スイッチ60-1~60-nに入力され、任意の波長の分離/挿入を行う。

【0027】光スイッチ60-1~60-nを経由した各波長の光信号はOE/EO変換部61-1~61-nを経由し光多重部62に入力される。光多重部62では各波長の光信号を光波長多重しWDM光直接増幅器63を介してポート64から出力される。

【0028】図4に示した光ADMノードをリング状に接続した、光ADMリングシステムの一構成例を図6に示す。各光ADMノードは運用系/予備系の2本の光伝送路で接続され、各光伝送路には、1550nm帯のWDM光信号と1580nm帯のWDM光信号が双方向に

伝送されている。

【0029】光ADMノード65-1~65-nをリング状に接続した光ADMリング網のセルフヒーリング機能の一例を図7、8に示す。通常時は、図7において、通常時は光ADMノード66と光ADMノード69間で1550nm帯と1580nm帯の双方向光伝送を行っている。この場合、各光ADMノードの光スイッチは、分離/挿入を行っている光ADM部が運用系光伝送路に接続するように光スイッチを制御している。実線は1550nm帯、破線は1580nm帯の伝送経路を示している。

【0030】図8において、光ADMノード71と光ADMノード72間の光伝送路が断となった場合には、光ADMノード71と光ADMノード72の光スイッチを図8の用に切り替え、逆回りの予備系光伝送路を用いて迂回し、光ADMノード71と光ADMノード74間の伝送の復旧を図る。図中、符号73、75は光ADMノードである。

【0031】(第4の実施の形態) 第4の実施の形態を用いて説明する。第4の実施の形態は、WDM光伝送系の光クロスコネクシステムに係り、1550nm帯と1580nm帯の光クロスコネク処理を行う正光クロスコネクノード76と正光クロスコネクノード76と逆方向の伝送を行う逆光クロスコネクノード77から構成されている。

【0032】正光クロスコネクノード76は、1550nm帯の各波長のクロスコネク処理を行う光クロスコネク部80と、1580nm帯の各波長のクロスコネク処理を行う光クロスコネク部81と、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重

を行うWDMカブラ79-1~79-n, 82-1~82-nとで構成される。

【0033】逆光クロスコネクノード77は、1550nm帯の各波長のクロスコネク処理を行う光クロスコネク部86と、1580nm帯の各波長のクロスコネク処理を行う光クロスコネク部87と、1550nm帯と1580nm帯のWDM光信号の波長分割多重を行うWDMカブラ85-1~85-n, 88-1~88-nとで構成される。図中、符号84-1~84-n, 89-1~89-nはポートである。

【0034】図9において、ポート78-1~78-nに入力された1550nm帯のWDM光信号はWDMカブラ79-1~79-nを経由し、光クロスコネク部80に入力される。この光クロスコネク部80では各波長の光信号を任意のWDMカブラ82-1~82-nに接続されるように切り替えを行い、ポート83-1~83-nより送出される。

【0035】このポート83-1~83-nに入力された1580nm帯のWDM光信号はWDMカブラ82-1~82-nを経由し、光クロスコネク部81に入力される。この光クロスコネク部81では各波長の光信号を任意のWDMカブラ79-1~79-nに接続されるように切り替えを行い、ポート78-1~78-nより送出される。同様に、逆光クロスコネクノード77でも1550nm帯と1580nm帯の逆方向の光クロスコネク処理を行う。

【0036】図9における光クロスコネク部80, 81, 86, 87の構成を図10に示す。光クロスコネク部80, 81, 86, 87は、図10に示すように、WDM光信号の増幅を行うWDM光直接増幅器91-1~91-nと、WDM光信号の光波長分離を行う光分離部92-1~92-nと、この光分離部92-1~92-nからの各光信号のOE/EO変換を行うOE/EO部93-1~93-n, 94-1~94-nと、このOE/EO部93-1~93-n, 94-1~94-nの各波長の光信号の行き先ノードの切り替えを行う光フルマトリクススイッチ95と、この光フルマトリクススイッチ95からの光信号からの光信号のOE/EO変換を行うOE/EO部96-1~96-n, 97-1~97-nと、このOE/EO部96-1~96-n, 97-1~97-nからの各光信号の光波長多重を行う光多重部98-1~98-nと、この光多重部98-1~98-nからのWDM光信号の増幅を行うWDM光直接増幅器99-1~99-nとで構成される。

【0037】ポート90-1~90-nに入力された各ノードからのWDM光信号はWDM光直接増幅器91-1~91-nを経由し光分離部92-1~92-nにそれぞれ入力され、各波長に分離される。分離された光信号は、OE/EO変換部93-1~93-n, 94-1~94-nによりOE/EO変換された後、光フルマト

10

20

30

40

50

リクススイッチ 95 へ入力される。光フルマトリクススイッチ 95 では、各光クロスコネクタノードからの各波長の光信号を任意の光クロスコネクタノードに伝送するように切替制御を行う。

【0038】光フルマトリクススイッチ 95 から出力された各光信号は、OE/E O 変換部 96-1 ~ 96-n, 97-1 ~ 97-n を経由し、光多重部 98-1 ~ 98-n により光多重を行う。光多重部 98-1 ~ 98-n から出力された WDM 光信号は、WDM 光直接増幅器 99-1 ~ 99-n により光増幅され、ポート 100-1 ~ 100-n より出力される。このようにして、任意のポートに入力された任意の波長の光信号が任意の出力ポートより波長多重されて出力されることとなる。

【0039】図 9 に示す光クロスコネクタノード 101-1 ~ 101-n を使用し、メッシュ状のネットワークシステムを形成した光クロスコネクタシステムの模式図を図 11 に示す。各クロスコネクタノード 101-1 ~ 101-n 間には 1550 nm 帯と 1580 nm 帯の双方向 WDM 光伝送を行う光伝送路が、逆方向用と併せて 2 本ずつ接続された構成となっており、各光クロスコネクタノード 101-1 ~ 101-n がメッシュ状に接続された構成となっている。

【0040】各光クロスコネクタノード 101-1 ~ 101-n では、図 10 に示す光フルマトリクススイッチ 95 により、任意の波長の光信号が任意の光クロスコネクタノード 101-1 ~ 101-n に伝送を行えるように制御を行うことができる。

【0041】第 4 の実施の形態においても上記の実施の形態と同様の効果を奏することができる。

【0042】なお、上記構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等にすることができる。

【0043】また、各図において、同一構成要素には同一符号を付している。

【0044】

【発明の効果】上述の説明のように、本発明では、光伝送路に NZ-DSF を適用し、WDM カブラを用いた A 帯 (1550 nm 帯) と B 帯 (1580 nm 帯) の双方向光伝送を行うことにより、以下のような効果が得られる。

【0045】光伝送路に光送信器及び光受信器とは異なる波長を適用することで、長距離伝送を行った場合でも A 帯 (1550 nm 帯) および B 帯 (1580 nm 帯) の WDM 光信号の四光波混合による受信感度劣化を回避することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る双方向 WDM 光伝送方法の基本的構成図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態の実施の形態に係る WDM 光伝送系の point-to-point システ

ムを示す図である。

【図 3】図 2 に示した WDM 光伝送系の WDM 光送受信器および双方向線形中継器に使用される WDM カブラの動作を示した図である。

【図 4】本発明の第 3 の実施の形態に係る WDM 光伝送系の光 ADM リングシステムを示す図である。

【図 5】図 4 に示した使用する光 ADM 部の構成図である。

【図 6】図 4 に示した光 ADM ノードをリング状に接続した、光 ADM リングシステムの一構成図である。

【図 7】図 4 に示した光 ADM ノードをリング状に接続した光 ADM リング網のセルフヒーリング機能の一例を示す図である。

【図 8】図 4 に示した光 ADM ノードをリング状に接続した光 ADM リング網のセルフヒーリング機能の一例を示す図である。

【図 9】本発明の第 4 の実施の形態に係る WDM 光伝送系の光クロスコネクタシステムを示した図である。

【図 10】図 9 における光クロスコネクタ部の構成図である。

【図 11】図 9 に示す光クロスコネクタノードを使用し、メッシュ状のネットワークシステムを形成した光クロスコネクタシステムの模式図である。

【符号の説明】

$\lambda 1 \sim \lambda i$: 1550 nm 帯の WDM 光信号

$\lambda i \sim \lambda n$: 1580 nm 帯の WDM 光信号

1: WDM 光送受信器

2: WDM 光送信器

3: WDM 光受信器

4: WDM カブラ

5: 光伝送路

6: WDM 光送受信器

7: WDM カブラ

8: 1550 nm 帯の WDM 光受信器

9: 1580 nm 帯用の WDM 光送信器

10: WDM 光送受信器

11, 13: 光伝送路 (NZ-DSF)

12: 双方向線形中継器

14: WDM 光送受信器

15, 24: WDM 光送信器

16, 23: WDM 光受信器

17, 18, 21, 22: WDM カブラ

19, 20: 光直接増幅器

23: WDM 光受信器

24: WDM 光送信器

25-1 ~ 25-n, 39-1 ~ 39-n, 40-1 ~

40-n: 光送信部

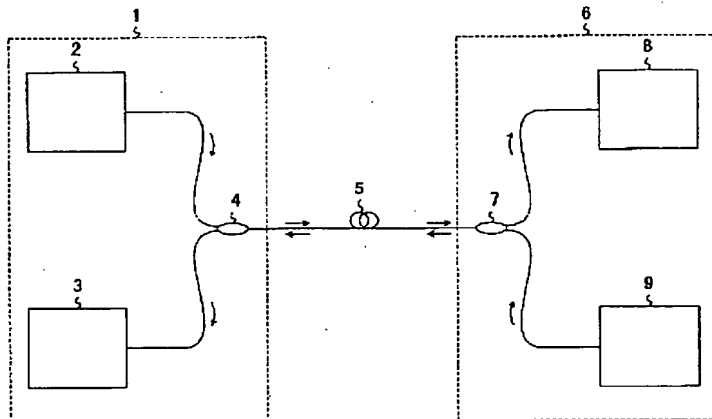
29-1 ~ 29-n, 36-1 ~ 36-n: 光受信部

26, 39: 光多重部

27, 31, 34, 38: 光直接増幅部

28, 32, 33, 37 : 分散補償ファイバ (DCF)
 30, 35 : 光分離部
 41 : WDMカプラ
 42, 43, 44 : ポート
 45, 47 : 光スイッチ
 46 : 光ADM部
 49, 50 : 光分離挿入部
 53, 54 : 光分離挿入部
 48, 51, 52, 55 : WDMカプラ
 56 : ポート
 57 : WDM光直接増幅器
 58 : 後光分離部
 59-1~59-n : OE/E〇変換部
 60-1~60-n : 光スイッチ
 61-1~61-n : OE/E〇変換部
 62 : 光多重部
 63 : WDM光直接増幅器
 64 : ポート
 65-1~65-n : 光ADMノード
 66, 69 : 光ADMノード
 71, 72, 73, 74, 75 : 光ADMノード
 76 : 正光クロスコネクタノード
 77 : 逆光クロスコネクタノード
 78-1~78-n, 83-1~83-n : ポート

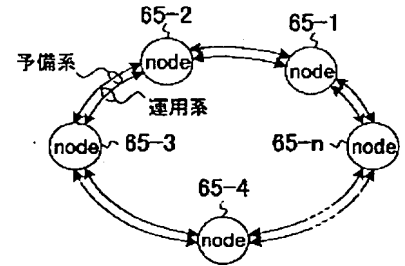
【図1】



1 : WDM光受信器
 2 : WDM光送信器
 3 : WDM光受信器
 4 : WDMカプラ
 5 : 光伝送路
 6 : WDM光受信器
 7 : WDMカプラ
 8 : 1550nm 帯のWDM光受信器
 9 : 1580nm 帯用のWDM光送信器

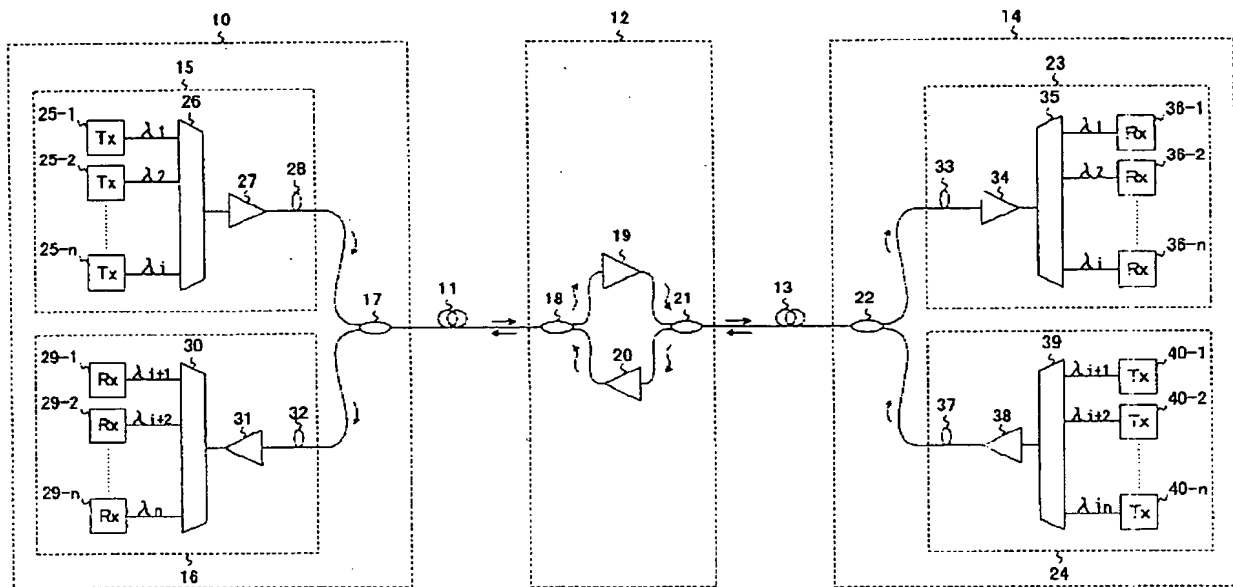
79-1~79-n, 82-1~82-n : WDMカプラ
 80, 81 : 光クロスコネクタ部
 84-1~84-n, 89-1~89-n : ポート
 85-1~85-n, 88-1~88-n : WDMカプラ
 86, 87 : 光クロスコネクタ部
 86, 87 : 光クロスコネクタ部
 90-1~90-n : ポート
 10 91-1~91-n : WDM光直接増幅器
 92-1~92-n : 光分離部
 93-1~93-n, 94-1~94-n : OE/E〇部
 部
 95 : 光フルマトリクススイッチ
 96-1~96-n, 97-1~97-n : OE/E〇部
 部
 93-1~93-n, 94-1~94-n : OE/E〇変換部
 96-1~96-n, 97-1~97-n : OE/E〇変換部
 20 98-1~98-n : 光多重部
 99-1~99-n : WDM光直接増幅器
 100-1~100-n : ポート
 101-1~101-n : 光クロスコネクタノード

【図6】



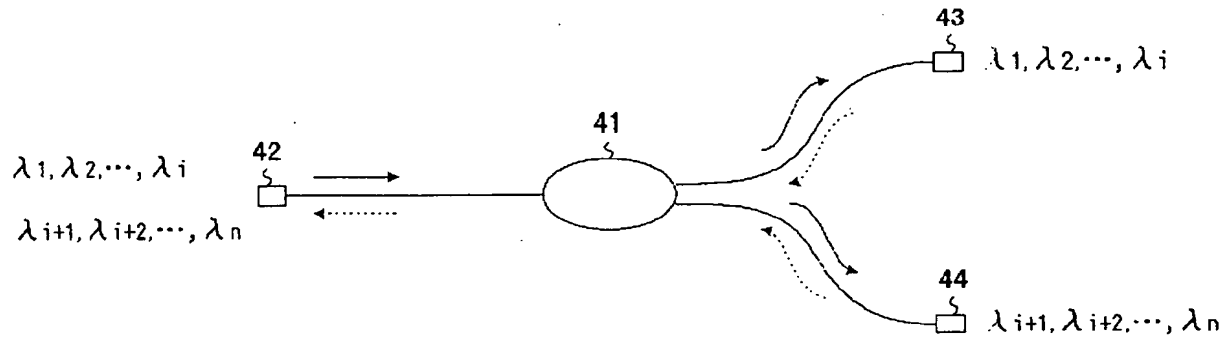
65-1~65-n : 光ADMノード

【図 2】



- 10 : WDM光送受信器
 11, 13 : 光伝送路(NZ-DSF)
 12 : 双方向線形中継器
 14 : WDM光送受信器
 15, 24 : WDM光送信器
 16, 23 : WDM光受信器
 17, 18, 21, 22 : WDMカプラ
 19, 20 : 光直接増幅器
 25-1~25-n, 39-1~39-n, 40-1~40-n : 光送信部
 29-1~29-n, 36-1~36-n : 光受信部
 26, 39 : 光多重部
 27, 31, 34, 38 : 光直接増幅部
 28, 32, 33, 37 : 分散補償ファイバ(DCF)
 30, 35 : 光分離部
 $\lambda_1 \sim \lambda_i$: 1550nm 帯のWDM光信号
 $\lambda_i \sim \lambda_n$: 1580nm 帯のWDM光信号

【図 3】



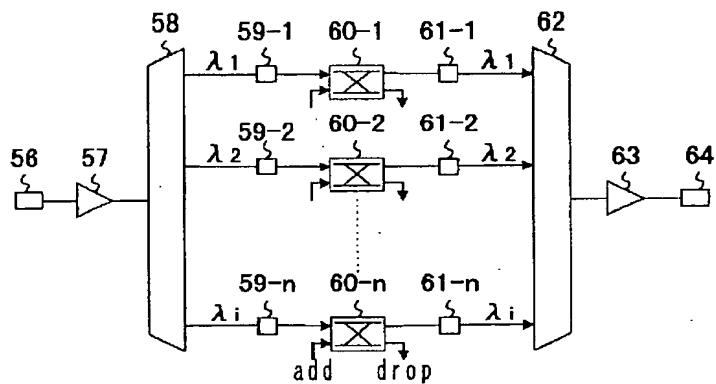
41 : WDMカプラ

42, 43, 44 : ポート

$\lambda_1 \sim \lambda_i$: 1550nm 帯のWDM光信号

$\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$: 1580nm 帯のWDM光信号

【図 5】



56 : ポート

57 : WDM光直接増幅器

58 : 後光分岐部

59-1 ~ 59-n : OE/EO変換部

60-1 ~ 60-n : 光スイッチ

61-1 ~ 61-n : OE/EO変換部

62 : 光多重部

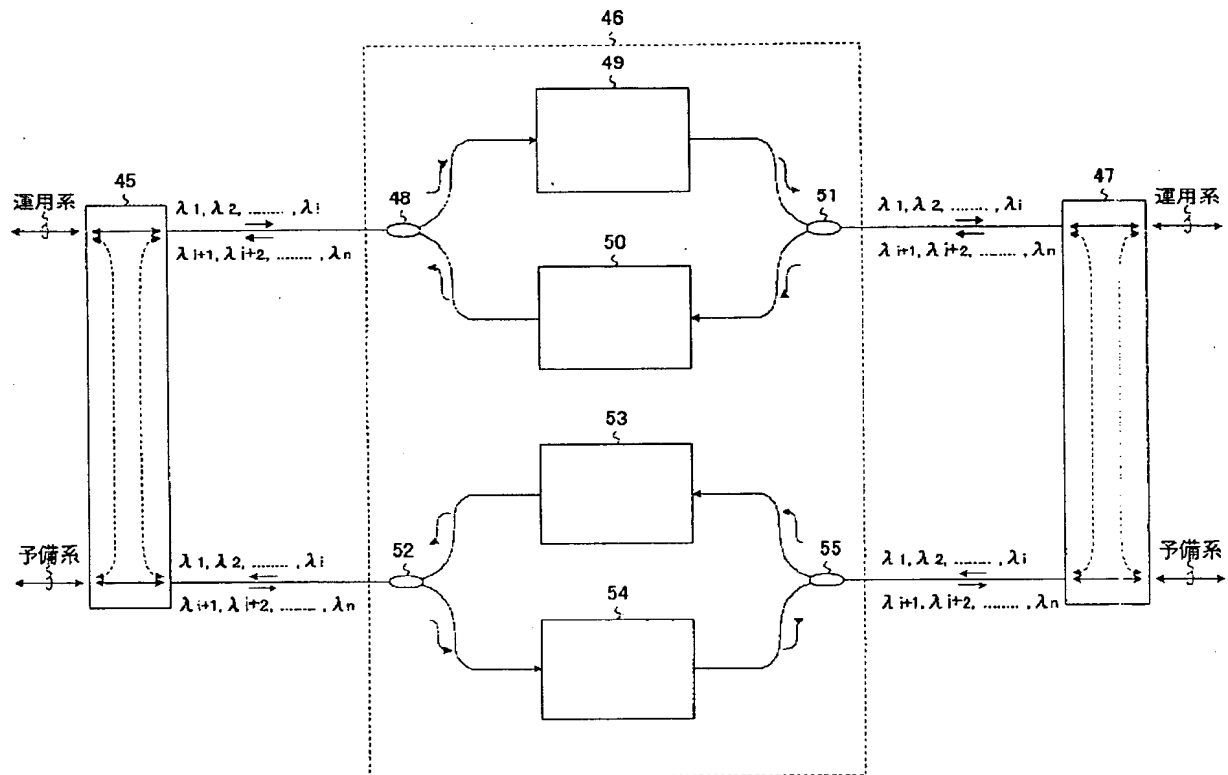
63 : WDM光直接増幅器

64 : ポート

$\lambda_1 \sim \lambda_i$: 1550nm 帯のWDM光信号

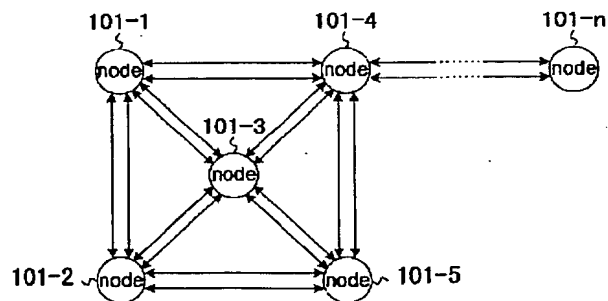
$\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$: 1580nm 帯のWDM光信号

【図 4】



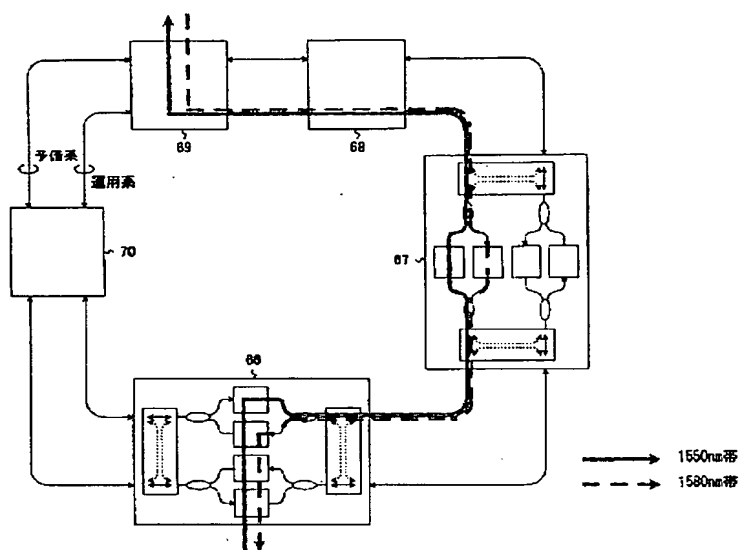
45, 47 : 光スイッチ
 46 : 光ADM部
 49, 50 : 光分離挿入部
 53, 54 : 光分離挿入部
 48, 51, 52, 55 : WDMカブラ
 $\lambda_1 \sim \lambda_i$: 1550nm 帯のWDM光信号
 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$: 1580nm 帯のWDM光信号

【図 11】



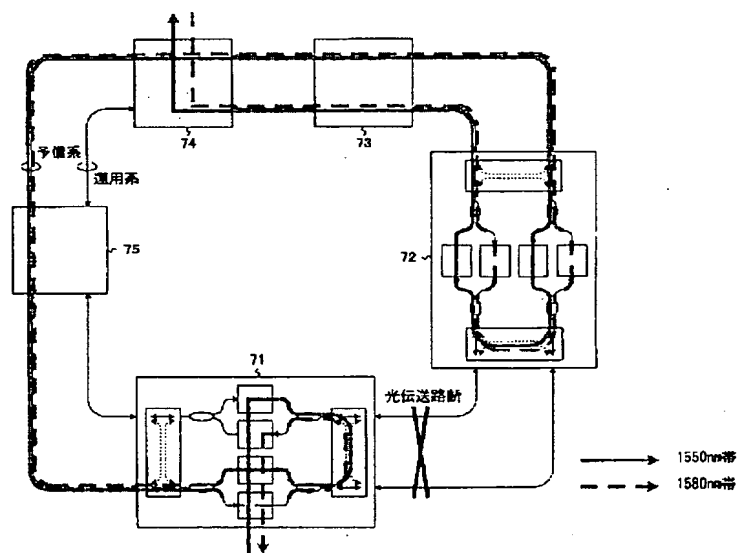
101-1 ~ 101-n : 光クロスコネクタノード

【図 7】



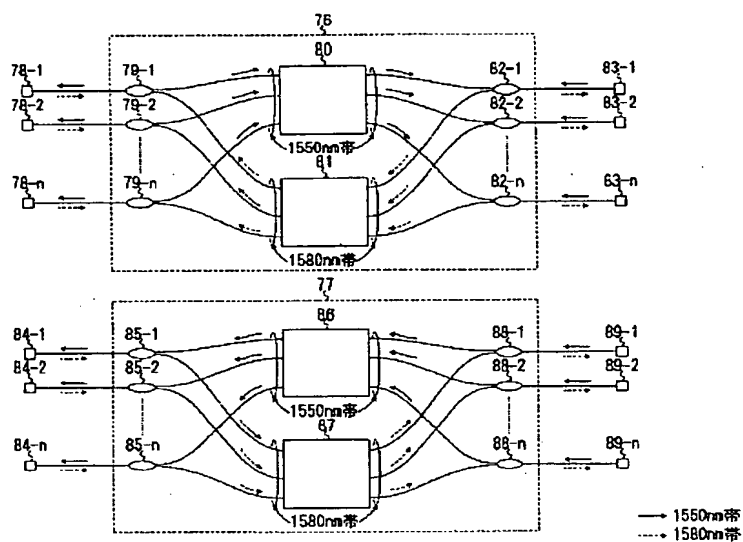
65-1~65-n: 光ADMノード
66, 69: 光ADMノード

【図 8】



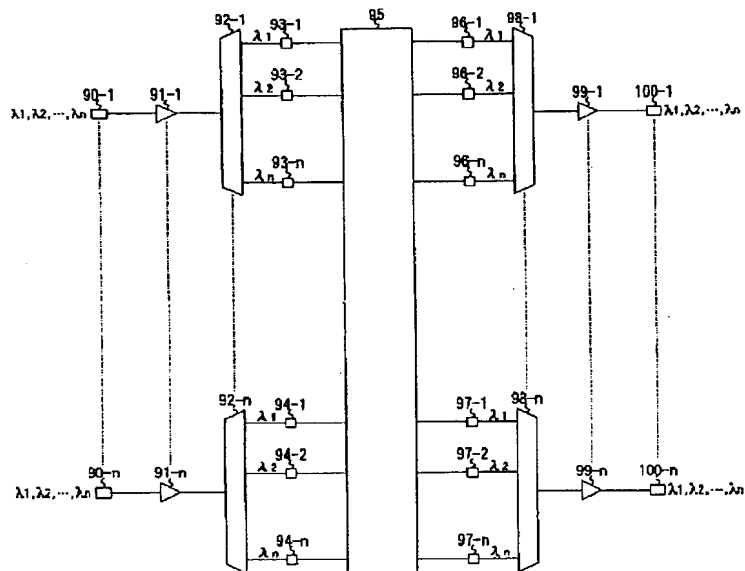
71, 72, 73, 74, 75: 光ADMノード

【図 9】



76 : 正光クロスコネクタノード
 77 : 逆光クロスコネクタノード
 78-1~78-n, 83-1~83-n : ポート
 79-1~79-n, 82-1~82-n : WDMカプラ
 80, 81 : 光クロスコネクタ部
 84-1~84-n, 89-1~89-n : ポート
 85-1~85-n, 88-1~88-n : WDMカプラ
 86, 87 : 光クロスコネクタ部

【図 10】



80, 81, 86, 87: 光クロスコネクタ部
 90-1~90-n: ポート
 91-1~91-n: WDM光直接増幅器
 92-1~92-n: 光分岐部
 93-1~93-n, 94-1~94-n: OE/EO部
 95: 光フルマトリクススイッチ
 96-1~96-n, 97-1~97-n: OE/EO部
 93-1~93-n, 94-1~94-n: OE/EO変換部
 96-1~96-n, 97-1~97-n: OE/EO変換部
 98-1~98-n: 光多重部
 99-1~99-n: WDM光直接増幅器
 100-1~100-n: ポート